

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Jalan merupakan salah satu infrastruktur darat yang meliputi bagian jalan termasuk bagian pelengkap diperuntukkan bagi lalu lintas guna mempermudah transportasi terutama dalam menghubungkan suatu daerah ke daerah yang lain.

2.2 Pengertian Jalan Tol

Jalan Tol merupakan bagian dari sistem jaringan jalan dimana penggunaanya diwajibkan untuk membayar ketika melintas. Dalam pembangunannya, jalan tol bertujuan untuk memperlancar lalu lintas, meningkatkan hasil dan daya guna pelayanan yang mencakup distribusi barang dan jasa agar dapat menunjang pertumbuhan ekonomi, meringankan beban dana pemerintah dengan cara berpartisipasi dalam pengguna jalan.

2.3 Pengertian Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah sebuah rancangan dari bagian jalan guna untuk mendukung serta membentuk permukaan jalan dengan campuran agregat dan bahan pengikat agar dapat memikul beban lalu lintas sehingga mencegah adanya retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya.

Menurut Alamsyah (2003) dalam bukunya *Rekayasa Jalan Raya*, Kinerja perkerasan jalan meliputi 3 hal yaitu:

1. Keamanan, yang ditentukan oleh besarnya gesekan akibat adanya kontak antara ban dan permukaan jalan.
2. Wujud perkerasan jalan (*struktural perkerasan*), sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak-retak, amblas, alur, gelombang, dsb.

3. Fungsi pelayanan (*functional performance*), sehubungan dengan bagaimana perkerasan tersebut memberikan pelayanan kepada pemakai jalan.

2.4 Perbedaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur

Berdasarkan bahan pengikat dari perkerasan jalan, maka dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu:

a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur menggunakan bahan pengikatnya aspal, sehingga bersifat lentur apabila terkena panas. Lapisan-lapisan dari perkerasan lentur bersifat memikul lalu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang dipadatkan.

b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku yaitu bahan pengikatnya menggunakan semen (*portland cement*). Berupa plat beton dengan atau tanpa tulangan diatas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Sehingga lapisan utama bersifat memikul sebagian beban lalu lintas diatasnya.

Tabel 2.1 Perbedaan penggunaan perkerasan kaku dan perkerasan lentur pada jalan

	Perkerasan Kaku	Perkerasan lentur
1 Bahan pengikat	Semen.	Aspal.
2 Umur rencana	Mencapai 40 tahun.	Relatif pendek 20 tahun.
3 Repetisi beban	Timbul retakan pada permukaan.	Timbul lendutan pada jalur roda (<i>rutting</i>).
4 Perubahan temperatur	Modulus kekakuan tidak berubah.	Modulus kekakuan berubah.
5 Pelapisan ulang	Agak sulit untuk menentukan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang.	Pelapisan ulang dapat dilakukan pada semua tingkat ketebalan perkerasan dan lebih mudah menentukan perkiraan waktu.
6 Penurunan tanah dasar	Memiliki sifat seperti balok	Jalan akan bergelombang

	di atas perletakan.	mengikuti tanah dasar.
7 Penggunaan	Hanya dapat digunakan pada jalanan kelas tinggi.	Dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu lintas.
8 Kekuatan konstruksi	Ditentukan oleh kekuatan pelat beton sendiri.	Ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar.

2.5 Perencanaan Perkerasan Kaku

Menurut Aly (2004), agar dapat memenuhi fungsi perkerasan dalam memikul beban, maka perkerasan harus:

- Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar agar tidak menimbulkan perbedaan lendutan yang signifikan.
- Direncanakan dan dibangun sedemikian rupa agar bisa mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar serta pengaruh cuaca dan kondisi lingkungan.

Dalam perencanaan perkerasan kaku ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain:

- Intensitas lalu lintas yang akan dilayani pada daerah tersebut.
- Volume lalu lintas, konfigurasi sumbu dan roda, beban sumbu, ukuran dan tekanan beban, pertumbuhan lalu lintas, jumlah jalur dan arah lalu lintas.
- Umur rencana.
- Kapasitas perkerasan yang direncanakan harus dipandang sebagai pembatasan.
- Daya dukung dan keseragaman tanah dasar guna keawetan dan kekuatan pelat.
- Lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi untuk mengendalikan, mencegah dan memberi dukungan guna meminimalisir terjadinya retakan dan kembang susut tanah dasar.

2.6 Perencanaan Perkerasan Lentur

Supaya perkerasan jalan dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan, maka syarat- syarat yang harus dipenuhi adalah:

1. Syarat-syarat berlalu lintas.

Konstruksi jalan lentur dianggap aman dan nyaman untuk berlalu lintas ketika memiliki permukaan yang rata, tidak adanya lendutan dan tidak berlubang. Permukaan yang cukup kaku dan kesat agar gesekan yang terjadi antara ban dan permukaan jalan lebih besar sehingga tidak mudah selip.

2. Syarat-syarat kekuatan struktural.

Konstruksi perkerasan jalan jika dilihat dari kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memiliki ketebalan dan kekuatan yang cukup agar dapat memikul dan menyebarkan beban ke tanah dasar tanpa menimbulkan deformasi yang berarti. Selain itu konstruksi jalan hendaknya kedap air dan mudah mengalirkan air agar air hujan yang jatuh di atasnya cepat dialirkan dan tidak meresap ke bagian lapisan yang ada dibawahnya.

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Metode AASHTO 1993

Perencanaan perkerasan dengan metode AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) *guide for design of pavement structures*. Metode ini dipakai secara umum dan telah diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara dengan perencanaan yang didasarkan pada metode empiris.

Beberapa parameter dalam merencanakan perkerasan kaku dengan metode AASHTO adalah antara lain:

2.7.1 Analisa Lalu-lintas (*Traffic Design*)

1. Umur Rencana

Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun untuk jalan kaku, dan maksimal 20 tahun untuk jalan lentur.

2. *Vehicle Damage Factor* (VDF)

Vehicle Damage Factor atau faktor daya rusak kendaraan yang merupakan perbandingan antara daya rusak diakibatkan oleh muatan sumbu suatu kendaraan terhadap daya rusak yang diakibatkan oleh beban sumbu standar. Dalam menentukan besarnya nilai VDF dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut:

$$VDF = \left(\frac{\text{Beban Sumbu Kendaraan, kg}}{\text{Beban Sumbu Standar}} \right)^4$$

Dimana:

Beban sumbu standar merupakan beban sumbu pada kendaraan berdasarkan konfigurasi dan jenis sumbu. Dalam menentukan beban sumbu standar, dapat dilihat **Tabel 2.2** sebagai berikut:

Tabel 2.2 Konfigurasi sumbu

	Roda Tunggal	Roda Ganda
Sumbu Tunggal	5.400 kg	8.200 kg
Sumbu Tandem	-	13.600 kg
Sumbu Tripel	-	18.100 kg

Sumber: AASTHO 1993.

Parameter lalu lintas lain yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan kaku meliputi:

- Jenis kendaraan.
- Volume lalu lintas harian rata-rata (LHR).

- Pertumbuhan lalu lintas dalam 1 tahun.
- Faktor distribusi arah (D_D).
- Faktor distribusi lajur (D_L).
- Equivalent Single Axle Load, ESAL selama umur rencana (*traffic design*).

Menurut AASHTO 1993, faktor Distribusi Arah (D_D) memiliki nilai yang berkisar antara 0,3 – 0,7. Sedangkan untuk menentukan faktor Distribusi Lajur (D_L), mengacu pada **Tabel 2.3** berikut:

Tabel 2.3 Distribusi Lajur

Jumlah Lajur Tiap Arah	D_L (%)
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Sumber: AASTHO 1993

Perhitungan lalu-lintas berdasarkan nilai ESAL (*Equivalent Single Axle Load*) selama umur rencana (*traffic design*) menggunakan rumus sebagai berikut:

2.7.2 Tanah Dasar

Dalam perencanaan perkerasan, daya dukung lapisan tanah dasar adalah hal yang sangat penting. Sehingga evaluasi lapisan tanah dasar ini mengestimasi nilai daya dukung *subgrade* yang akan digunakan dalam perencanaan.

CBR (*California Bearing Ratio*) digunakan sebagai penentuan untuk mencari nilai parameter modulus reaksi tanah dasar (k). CBR yang biasa digunakan di Indonesia berkisar dibesaran 6% untuk lapis tanah dasar.

$$W_{18} = \sum_{N1}^{Nn} LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365$$

Dimana :

- W18 = *Traffic design* pada lajur lalu-lintas, ESAL.
 LHR_j = Jumlah lalu-lintas harian rata-rata dua arah untuk jenis kendaraan j.
 VDF_j = *Vehicle Damage Factor* untuk jenis kendaraan j.
 DD = Faktor distribusi arah.
 DL = Faktor distribusi lajur.
 N1 = Lalu-lintas pada tahun pertama jalan dibuka.
 Nn = Lalu-lintas pada akhir umur rencana.

2.7.3 Material Konstruksi Perkerasan

Material konstruksi perkerasan yang digunakan mengacu kepada parameter terkait dalam perencanaan tebal perkerasan kaku diantaranya:

1. Pelat beton
2. *Wet lean concrete*

Sedangkan material yang digunakan dalam perkerasan lentur dapat dibedakan menjadi empat kategori tergantung dari sifat dasar, akibat beban lalu lintas yaitu:

1. Material berbutir lepas.
2. Material terikat.
3. Aspal.
4. Beton semen.

2.7.4 Reliabilitas

Reliabilitas adalah nilai probabilitas perkerasan yang direncanakan untuk tetap maksimal selama masa layannya. Konsep reliabilitas untuk perencanaan perkerasan didasarkan pada beberapa kemungkinan kemungkinan yang terjadi dalam proses perencanaan guna meyakinkan beberapa alternatif di berbagai perencanaan. Dengan banyaknya jumlah pengguna jalan, maka volume jalan akan meningkat. Sehingga tingkat reliabilitasnya dapat direncanakan dengan mengetahui klasifikasi jalan tersebut.

Reliabilitas didefinisikan sebagai kemungkinan akan tingkat pelayanan pada suatu jalan hingga tingkatan tertentu agar repetisi beban yang direncanakan tercapai.

Dengan penetapan angka reliabilitas dari 50% sampai 99,99% diharapkan tingkat kehandalan desain dalam mengatasi dan mengakomodasi beberapa kemungkinan melesetnya besaran-besaran desain. Semakin tinggi nilai reliabilitas yang dipakai maka semakin tinggi pula tingkat untuk mengatasi kemungkinan terjadinya selisih deviasi.

Penetapan besaran dalam desain sebenarnya sudah menekan sekecil mungkin penyimpangan yang akan terjadi. Dalam mengaplikasikan konsep *reliability* ini, terdapat beberapa parameter standar deviasi yang harus diperhatikan agar sesuai dengan kondisi-kondisi lokal dari ruas jalan yang akan direncanakan serta tipe perkerasannya. Parameter tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah dengan menentukan klasifikasi dari ruas jalan yang akan direncanakan. Terdapat 2 jenis jalan yaitu jalan dalam kota (urban) atau jalan antar kota (rural).
2. Selanjutnya menentukan tingkat *reliability* dengan menggunakan tabel yang ada pada metode perencanaan AASHTO 1993.

3. Kemudian yang terakhir dalam *reliability* adalah menentukan nilai standar deviasi (S_o). Nilai ini mewakili dari kondisi-kondisi lokal yang ada.

Tabel 2.4 Penetapan *Reliability*

Klasifikasi jalan	<i>Reliability</i> : R (%)	
	Urban	Rural
Jalan tol	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber: AASHTO 1993

Berikut ini merupakan **Tabel 2.4** yang merupakan penentuan klasifikasi jalan guna mencari nilai *reliability*.

Sedangkan untuk mencari nilai standar normal deviasi (Z_R) mengacu pada **Tabel 2.5** sebagai berikut:

Tabel 2.5 Standar normal deviasi

R (%)	ZR	R (%)	ZR
50	-0	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Sumber: AASHTO 1993

Untuk penentuan standar deviasi *rigid pavement* nilai S_o berkisar antara 0,30 – 0,40. Dan 0,4 -0,5 untuk menentukan nilai standar deviasi flexible pavement.

2.7.5. Serviceability

Terminal serviceability index (pt) mengacu pada **Tabel 2.6** dan *Initial serviceability* untuk perkerasan kaku : (po) = 4,5

Tabel 2.6 Terminal Serviceability Index

Presentasi Publik Tidak Menerima	Pt
12	3,0
55	2,5
85	2,0

Sumber: AASHTO 1993

Penetapan parameter *Serviceability* :

- *Initial Serviceability* : po = 4,5
- *Terminal Serviceability index* : pt = 2,5
jalur utama (*major highways*)
- *Terminal Serviceability index* : pt = 2,0
jalan lalu-lintas rendah
- Total Loss of Serviceability : $\Delta PSI = po - pt$

2.7.6 Faktor Lingkungan

Faktor yang dominan berpengaruh pada perkerasan adalah:

a. Kelembaban

Kelembaban secara umum berpengaruh terhadap penampilan perkerasan, sedangkan kekakuan atau kekuatan material yang lepas dan tanah dasar tergantung dari kadar air materialnya.

b. Suhu lingkungan

Suhu lingkungan pengaruhnya cukup besar pada penampilan permukaan perkerasan jika digunakan pelapisan permukaan dengan aspal, karena karakteristik dan sifat aspal yang kaku dan regas pada temperatur rendah dan sebaliknya akan rendah dan visko elastic pada suhu tinggi

2.7.7 Modulus Reaksi Tanah Dasar

Modulus of subgrade reaction (k) menggunakan gabungan antara rumus dan grafik penentuan modulus reaksi tanah dasar dengan ketentuan CBR tanah dasar. Setelah didapatkan nilai CBR rata-rata, maka *Modulus of Subgrade reaction* (k) dapat dihitung dengan rumus :

$$M_R = 1500 \times CBR$$

$$k = \frac{M_R}{19,4}$$

M_R = Modulus Resilien (*Resilient Modulus*), dinyatakan dengan PSI.

Faktor *Loss of Support* (LS) mengacu pada **Tabel 2.7** sebagai berikut:

Tabel 2.7 Faktor *Loss of Support* (LS)

No	Type Material	LS
1	<i>Cement Treated Granular Base</i> ($E = 1.000.000 - 2.000.000 \text{ psi}$)	0 - 1
2	<i>Cement Aggregate Mixture</i> ($E = 500.000 - 1.000.000 \text{ psi}$)	0 - 1
3	<i>Asphalt Treated Base</i> ($E = 350.000 - 1.000.000 \text{ psi}$)	0 - 1
4	<i>Bituminous Stabilized Mixtures</i> ($E = 40.000 - 300.000 \text{ psi}$)	0 - 1
5	<i>Lime Stabilized</i> ($E = 20.000 - 70.000 \text{ psi}$)	1 - 3
6	<i>Unbound Granular Material</i> ($E = 15.000 - 45.000 \text{ psi}$)	1 - 3
7	<i>Fine Grained/Natural Subgrade Materials</i> ($E = 3.000 - 40.000 \text{ psi}$)	2 - 3

(Sumber: AASHTO 1993)

2.7.8 Penentuan *Structural Number* (SN)

Structural Number (SN) disebut juga sebagai Indeks tebal perkerasan (ITP) yang merupakan suatu besaran untuk menentukan tebal lapis keras lentur. SN dipengaruhi kekuatan bahan penyusun (a), untuk bahan perkerasan dengan aspal, nilainya ditetapkan dengan Marshall

Stability, bahan perkerasan dengan semengatau kapur dengan pengujian alat uji kuat tekan (*Triaxial Test*) dan lapis pondasi dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*).

Tabel 2.8 Penentuan *Struktural Number* (SN)

Layer	Pavement Component		Coefficient
Surface	Road Mix (Low Stability)		0,20
Course	Plant Mix (Hight Stability)		0,44
	Sand Asphalt		0,40
Base Course	Sand Gravels		0,07
	Crushed Stone		0,14
	Cement Treated (No. Soil	650 Psi or more (4.48 Mpa)	0,23
	Cement), Conpressive	400 to 650 Psi (2.76-4.48 Mpa)	0,20
	Strenght @7 day	400 Psi or less (0.76 Mpa)	0,15
Sub Base	Bituminous treated	Course graded	0,34
		Sand Asphalt	0,30
	Lime treated		0,16 - 0,30
	Sand Gravel		0,05 - 0,10
	Sand or Sandy Clay		

Sumber : Affand. F, 2003

Tahap tahap Penentuan SN untuk tahap awal dalam perencanaan tebal lapis perkerasan lentur jalan adalah

1. Perencanaan komposisi lapisan perkerasan didapat dari **Tabel 2.9** koefisien kekuatan relatif yang terdiri dari
 - Lapisan Lapis permukaan (a1)
 - Lapis pondasi atas (a2)
 - Lapis pondasi bawah (a3)

Tabel 2.9 Koefisien kekuatan relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS g)	KT y/cm)	CBR i)	
0,40	-	-	744	-	-	LASTON
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	LASBUTAG
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRAVxc
0,26	-	-	340	-	-	ASPAL MACADAM
0,25	-	-	-	-	-	LAPEN (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	LAPEN (manual)
-	0,28	-	590	-	-	LASTON Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	LAPEN (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	LAPEN (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	SIRTU / Pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	SIRTU / Pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	SIRTU / Pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah / lempung kepasiran

Sumber: Alamsyah, Alik Ansyori. 2003

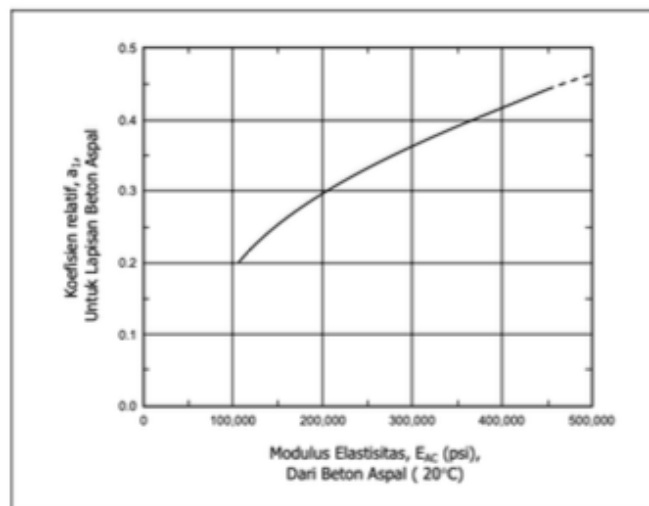
2. Modulus Elastisitas

Penentuan modulus elastisitas tiap lapisan dapat menggunakan grafik nomogram seperti berikut ini:

- Lapis permukaan (a_1)

Lapis Permukaan (*surface course*) adalah lapisan terluar yang memiliki fungsi sebagai penahan beban roda dan kedap air untuk melindungi bagian lapisan yang ada dibawahnya agar meminimalisir kerusakan jalan akibat cuaca.

Grafik 2.1 Grafik nomogram Lapis permukaan (a_1)

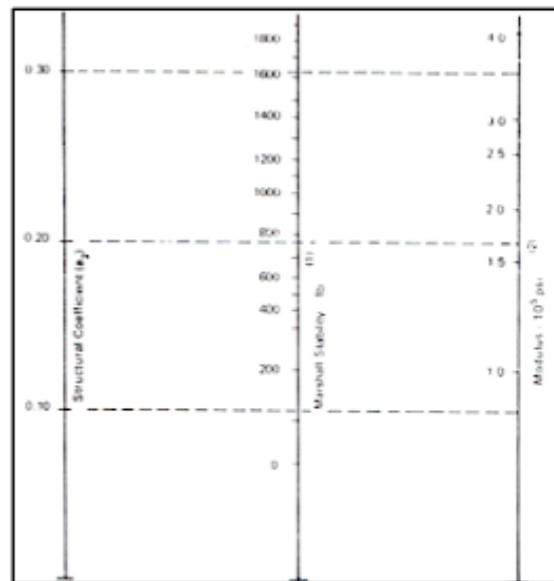


Sumber: AASHTO 1993

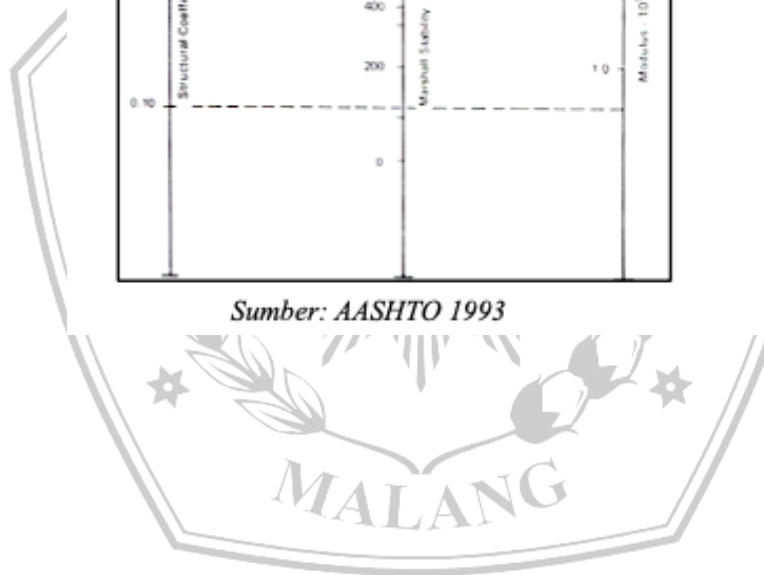
- Lapis pondasi atas (a2)

Lapis Pondasi (*base course*) adalah lapisan yang terletak diantara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah yang memiliki fungsi sebagai pemikul dan mendistribusikan beban ke lapisan pondasi bagian bawah.

Grafik 2.2 Grafik nomogram Lapis pondasi atas (a2)



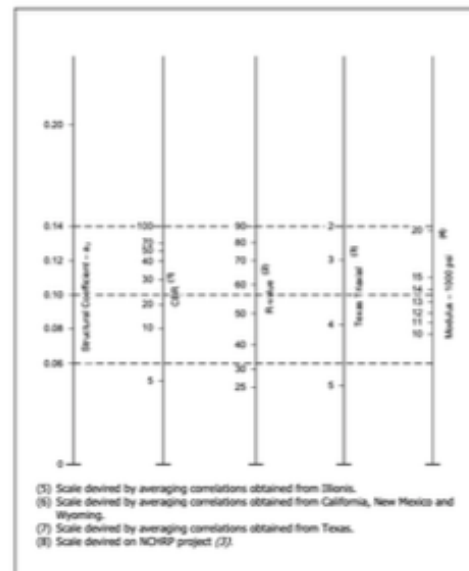
Sumber: AASHTO 1993



- Lapis pondasi bawah (a3)

Lapis pondasi bawah (sub base course) adalah lapisan yang terletak antara lapis pondasi atas dengan tanah dasar yang memiliki fungsi untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Selain itu lapis pondasi bawah juga berfungsi sebagai lapisan pelindung atas tanah dasar dari beban roda alat berat pada awal pelaksanaan pekerjaan akibat daya dukung tanah yang lemah.

Grafik 2.3 Grafik nomogram Lapis pondasi (a3)



Sumber: AASHTO 1993

2. Menentukan nilai *Structure Number* (SN)

Untuk menentukan nilai *structure number* (SN) dengan cara *trial*.

2.8.9 Modulus Elastisitas Beton

Perbandingan antara tegangan dan regangan beton yang tidak pasti mengakibatkan nilai modulus elastisitasnya sangat bervariasi tergantung pada umur beton, jenis pembebanan, karakteristik dan kekuatan beton itu sendiri. Pada perkerasan kaku dapat digunakan rumus berikut:

$$E_c = 57.000 \sqrt{f_c'}$$

Dimana:

E_c = Modulus elastisitas beton (psi).

f_c' = Kuat tekan beton, silinder (psi).

2.7.10 Flexural Strength

Flexural Strength (modulus of rupture) adalah ukuran dari ketahanan terhadap patahan yang ditetapkan sesuai spesifikasi pekerjaan. *Flexural Strength* di Indonesia umumnya digunakan $Sc' = 45 \text{ kg/cm}^2$ atau sama dengan 640 psi.

2.7.11 Koefisien Drainase (*Drainage Coefficient*)

Pengaruh sistem drainase jalan terhadap pengeringan air akibat air yang jatuh ke permukaan jalan sangat besar karena akan mempengaruhi umur pelayanan jalan.

Metode AASHTO 1993 memberikan 2 variabel untuk menentukan nilai koefisien drainase:

1. Variabel pertama : mutu drainase yang ditentukan dari berapa lama pondasi perkerasan dapat terbebas air. Penetapan variabel pertama mengacu pada **Tabel 2.10**

Tabel 2.10 Penetapan variabel pertama

Kualitas Drainase	Tingkat Penyerapan Air
Excelent	2 jam
Good	1 hari
Poor	1 minggu
Very poor	1 bulan

Sumber: AASHTO 1993

2. Variabel kedua : presentasi struktur perkerasan yang terkena air hingga mendekati titik jenuh air dalam satu tahun, dengan variasi <1%, 1–5%, 5–25%, >25%. Untuk mendapatkan nilai variabel kedua dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100$$

Dimana :

P_{heff} = Presentase hari efektif hujan dalam setahun (%).

T_{jam} = Rata-rata hujan per hari (jam).

T_{hari} = Rata-rata jumlah hari hujan per tahun (hari).

W_L = Faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan (%).

Selanjutnya koefisien drainase mengacu pada **Tabel 2.11** dibawah ini:

Tabel 2.11 Koefisien drainase

<i>Percent of time pavement structure is exposed to moisture levels approaching saturation</i>				
Quality of drainage	< 1%	1-5%	5-25%	> 25%
Excelent	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Good	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Fair	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Poor	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Very poor	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

Sumber: AASHTO 1993

Penetapan parameter koefisien drainase :

- Berdasarkan kualitas drainase.
- Kondisi time *pavement structure* dalam setahun.

2.7.11 Koefisien Penyaluran Beban (*Load Transfer Coefficient*)

Koefisien Penyaluran Beban (*Load transfer coefficient*) (J) dapat ditentukan menggunakan **Tabel 2.12** yang mengacu pada AASHTO 1993.

Tabel 2.12 Koefisien Penyaluran Beban

Bahu	Aspal		Tied PCC	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Penyaluran beban				
Jenis perkerasan				
Beton bersambung tak bertulang dan bertulang	3,2	3,8 - 4,4	2,5 - 3,1	3,6 - 4,2
CRCP	2,9 - 3,2	N/A	2,3 - 2,9	N/A

Sumber: AASHTO 1993

Pendekatan penetapan parameter load transfer:

- *Joint* dengan dowel : $J = 2,5 - 3,1$
- Untuk *Overlay design* : $J = 2,2 - 2,6$

2.7.12 Perhitungan Tebal Perkerasan

Pemilihan kombinasi yang optimal dalam suatu perencanaan tebal perkerasan dapat membuat perkerasan tersebut lebih ekonomis dari ,tebal pelat beton dan lapis pondasi bawah.

Penentuan tebal perkerasan kaku dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_O + 7,35 \log_{10}(D+1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 \cdot 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \cdot p_t) \times \log_{10} \frac{S_c C_d [D^{0,75} \cdot 1,132]}{215,63 \times J \times \left[D^{0,75} \cdot \frac{18,42}{(E_c / k)^{0,25}} \right]}$$

Dimana:

- W_{18} = Lalu-lintas rencana, *traffic design* (ESAL).
 Z_R = Standar normal deviasi.
 S_O = Standar deviasi.
 D = Tebal pelat beton (inches).
 ΔPSI = *Serviceability loss* $\Delta PSI = P_o - P_t$
 P_o = *Initial serviceability*.
 P_t = *Terminal serviceability index*.
 S_c' = *Modulus of rupture* sesuai spesifikasi pekerjaan (psi).
 C_d = *Drainage Coefficient*. *bhv*
 J = *Load Transfer Coefficient*.
 E_c = Modulus elastisitas (psi).
 k = Modulus reaksi tanah dasar (psi).

Sedangkan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur, perlu dipilih kombinasi seperti berikut:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_O + 9,36 \log_{10}(SN+1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4,2 \cdot 1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07$$

Dimana:

- W_{18} = Lalu-lintas rencana, *traffic design* (ESAL).
 Z_R = Standar normal deviasi.
 S_o = Standard deviasi.
 ΔPSI = *Serviceability loss* $\Delta PSI = P_o - P_t$
 M_R = Modulus reaksi tanah dasar (psi).
 SN = *Structur Number*.

2.7.13 Dowel dan Tie bar

1. Dowel

Dowel atau ruji merupakan batang baja tulangan polos maupun profil, yang biasa digunakan sebagai penyalur beban dan alat penyambung atau pengikat pada beberapa jenis sambungan pelat beton perkerasan jalan.

Dalam menentukan diameter, panjang dan jarak pemasangan dowel pada perkerasan jalan, dapat digunakan **Tabel 2.13**.

Tabel 2.13 Perencanaan Dowel

Tebal perkerasan (in)	Diameter Dowel (in)	Panjang Dowel (in)	Jarak Dowel (in)
6	3/4	18	12
7	1	18	12
8	1	18	12
9	1 1/4	18	12
10	1 1/4	18	12
11	1 1/4	18	12
12	1 1/2	24	12
13	1 1/2	24	12
14	1 1/2	24	12

Sumber: AASHTO 1993

1. *Tie bar*

Batang Pengikat (*Tie bar*) adalah potongan baja profil yang dipasang pada lidah alur dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak secara horizontal. Batang pengikat tersebut dipasang pada sambungan memanjang. Dalam menentukan *tie bar*, dapat menggunakan **Tabel 2.14** berikut:

Tabel 2.14 Tie bar

Jenis dan mutu baja	Tegangan kerja (psi)	Tebal Perkerasan (in)	Diameter batang 1/2 in			Diameter batang 5/8 in				
			Panjang (in)	Jarak maximum (in)			Panjang (in)	Jarak maximum (in)		
				Lebar lajur	Lebar lajur	Lebar lajur		Lebar lajur	Lebar lajur	Lebar lajur
				10 ft	11 ft	12 ft		10 ft	11 ft	12 ft
Grade 40	30.000	6	25	48	48	48	30	48	48	48
		7	25	48	48	48	30	48	48	48
		8	25	48	44	40	30	48	48	48
		9	25	48	40	38	30	48	48	48
		10	25	48	38	32	30	48	48	48
		11	25	35	32	29	30	48	48	48
		12	25	25	29	26	30	48	48	48

Sumber: AASHTO 1993



2.8 Rencana Anggaran Biaya

Menurut Firmansyah (2011:25) Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan dari banyaknya jumlah biaya yang diperlukan dalam sebuah konstruksi yang meliputi bahan, upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek konstruksi.

Perkiraan biaya memiliki peranan yang sangat penting dalam penyelenggaraan suatu proyek. Pada tahap pertama, rencana anggaran biaya berguna untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek atau investasi, selanjutnya mempunyai fungsi yang luas yaitu merencanakan dan mengendalikan sumber daya seperti: material, tenaga kerja, pelayanan, maupun waktu. Meskipun memiliki tujuan yang sama, namun untuk masing-masing organisasi peserta proyek mempunyai penekanannya yang berbeda-beda dalam fungsi estimasi antara lain sebagai berikut:

a) Bagi kontraktor

Angka finansial yang diajukan dalam proses lelang guna memperoleh pekerjaan dan memperhitungkan keuntungan. Namun bila penawaran yang diajukan didalam proses lelang terlalu tinggi, tidak menutup kemungkinan bahwa kontraktor yang bersangkutan akan mengalami kekalahan dalam lelang. Sebaliknya, bila memenangkan lelang dengan harga yang terlalu rendah akan mengalami kesulitan di belakang hari. Harga yang diajukan oleh kontraktor ini disebut dengan *estimasi Engineering (EE)*.

b) Bagi Konsultan

Angka yang diajukan kepada pemilik proyek (*Owner*) merupakan sebuah usulan biaya untuk berbagai kegunaan sesuai perkembangan proyek dan sampai derajat ketelitian tertentu. Harga estimasi yang diajukan oleh konsultan disebut dengan *Bill of Quantity (BQ)*.

c) Bagi *Owner*

Angka finansial menunjukkan tersebut merupakan jumlah perkiraan biaya yang akan menjadi salah satu patokan untuk menentukan kelanjutan suatu investasi. Atau biasa di lapangan disebut dengan *Owner Estimate* (OE). Berikut adalah perhitungan dalam merencanakan anggaran biaya:

$$RAB = \Sigma (\text{volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

2.8.1 Komponen Rencana Anggaran Biaya

Komponen-komponen yang terdapat pada rencana anggaran biaya yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

a. Volume Pekerjaan

Dalam menentukan besaran pekerjaan, perlu adanya pengukuran pada obyek dengan cara menghitung volume. Besarnya volume pekerjaan yang dihitung akan sangat berpengaruh terhadap banyaknya biaya yang akan dikeluarkan agar dapat volume dari item tersebut. Satuan yang umumnya digunakan untuk menghitung kuantitas pekerjaan konstruksi dapat dilihat pada **Tabel 2.15**.

Tabel 2.15 Satuan

No	Pengukuran	Satuan	Simbol
1	Panjang	Meter	M
2	Luas	Meter-persegi	m ²
3	Isi padat	Meter-kubik	m ³
4	Isi cair	Liter	Liter
5	Berat	Kilogram-Ton	Kg, Ton
6	Waktu	Jam, hari	Jam, hari

b. Analisa Harga Satuan Dasar (HSD)

Harga Satuan Dasar (HSD) untuk upah tenaga kerja, harga alat dan harga bahan bangunan menjadi patokan dalam penyusunan Harga Satuan Pekerjaan (HSP). Beberapa langkah yang harus dilakukan dalam perhitungan HSP adalah sebagai berikut

1) Harga Satuan Tenaga Kerja

Rujukan harga standar untuk upah tenaga kerja terlebih dahulu dipersiapkan dalam merencanakan HSD. Langkah perhitungan HSD tenaga kerja adalah sebagai berikut:

- Mengklasifikasikan dari jenis keterampilan tenaga kerja,
- Menyesuaikan data upah tenaga kerja dengan peraturan daerah yang akan direncanakan.
- Jika wilayah perencanaan berada di luar daerah perlu memperhitungkan biaya makan, penginapan dan transportasi untuk para tenaga kerja.
- Menentukan hari efektif bekerja dalam satu minggu dan dalam satu hari.
- Menghitung upah keseluruhan dengan masing-masing per jam per orang.
- Nilai rata-rata biaya upah minimum harus setara seperti yang sudah ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum setempat.

2) Harga Satuan Alat

★ Dalam memperhitungkan HSD untuk alat, perlu adanya mengenai data upah operator dan spesifikasi alat. Penggunaan peralatan pada proyek-proyek konstruksi lainnya dapat memberikan nilai tambah yang berpengaruh pada biaya konstruksi. Biaya alat dapat dibedakan atas beberapa bagian, yaitu:

- Biaya alat

Biaya alat adalah semua jenis biaya yang dibutuhkan pada saat alat konstruksi dioperasikan.

- Biaya tetap

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan sehubungan dengan status kepemilikan alat, dimana biaya ini tetap terhitung walaupun alat konstruksi sedang tidak beroperasi.

- Biaya operasi

Biaya operasi adalah biaya yang dikeluarkan ketika alat tersebut dioperasikan.

- Biaya produksi

Biaya produksi adalah biaya penggunaan alat untuk memindahkan material konstruksi.

3) Harga Satuan Bahan

Setelah melakukan dua langkah di atas, langkah terakhir yang dilakukan untuk menganalisa Harga Satuan Dasar (HSD) adalah menghitung harga satuan bahan yang meliputi biaya bahan baku, biaya transportasi dan biaya produksi bahan baku agar menjadi bahan olahan atau bahan jadi. Ketika memproduksi bahan, memerlukan beberapa alat yang setiap alat dihitung kapasitas produksinya dalam satuan pengukuran per jam.

